

КОСТЮКОВ Владимир Николаевич

Генеральный директор НПЦ «Динамика»
д. т. н., профессор, лауреат премии Правительства РФ в
области науки и техники

НАУМЕНКО Александр Петрович

Начальник учебного центра и лаборатории
неразрушающего контроля НПЦ «Динамика»,
к. т. н., доцент

Опыт проектирования и эксплуатации систем мониторинга

УДК 681.518/541.665.625.12

Hизкая объективность оценки технического состояния и недостаточная наблюдаемость скрытых процессов деградации технического состояния потенциальноопасных и критически важных объектов, протекающих вследствие износа и неадекватных действий технологического, обслуживающего и ремонтного персонала, являются фундаментальными причинами проблем эксплуатации этих объектов. Эксплуатационные потери можно сократить до минимума, проводя своевременное и целенаправленное техническое обслуживание на основе результатов мониторинга технического состояния объектов в реальном времени, используя в полной мере заложенный в них ресурс, исключив его внеплановую (аварийную) остановку и необоснованный ремонт, обеспечив высокий уровень безопасности и коэффициент технической готовности.

Существующая нормативная база в виде международных стандартов определяет лишь общие подходы решения задач мониторинга [1, 2, 3, 4] путем измерения параметров различных процессов [5, 6, 7], включая измерения вибрации [8, 9].

Совместное использование многообразных методов технической диагностики и неразрушающего контроля для контроля технического состояния потенциально-опасных и критически важных объектов, с одной стороны, является весьма сложной и актуальной проблемой по причине необходимости разработки комплекса диагностических параметров, опирающихся на различные параметры разнообразных физических процессов. С другой стороны, различные виды объектов требуют специальных решений по выбору методов диагностики и используемых диагностических параметров.

Решение данной проблемы может быть получено на основе проведения фундаментальных научно-исследовательских работ, адекватной апробации предлагаемых решений и практики эксплуатации разработанных систем в реальных условиях функционирования действующих потенциальноопасных и критически важных объектов.

Многолетний опыт НПЦ «Динамика» по разработке, внедрению и эксплуатации систем мониторинга агрегатов и комплекса агрегатов опасных производственных объектов (ОПО) в реальном времени без их остановки, разборки и вывода из эксплуатации на предприятиях

России и за ее пределами [15, 16, 17, 18], позволил разработать не только научно-методологические основы и принципиально новые технические решения и средства, обеспечивающие мониторинг состояния оборудования в реальном времени, но и ряд нормативно-методических документов, определяющих классификацию и общие технические требования к системам мониторинга, эксплуатационные нормы вибрации для ряда типов машин и механизмов, принципы организации мониторинга оборудования опасных производств [12, 13, 14, 19, 20, 21, 22, 23, 24].

Выбор программно-технических средств и организационно-технических мероприятий при принятии решений об использовании мониторинга состояния технологического оборудования промышленных предприятий должен базироваться на адекватных критериях, которые имеют научно и методически обоснованную базу.

Прежде всего необходимо определиться терминологией, стратегией и тактикой при решении задач обеспечения мониторингом объектов опасных производств.

Определение понятия мониторинг технического состояния впервые в научно-технической литературе введено в [16], в нормативных документах — [21, 22]. Полное, не имеющее двусмысленной интерпретации, определение гласит: мониторинг технического состояния — это наблюдение за техническим состоянием агрегата или комплекса агрегатов (конструкции, машины, узла, механизма) для определения и предсказания момента их перехода в предельное состояние. Результат мониторинга представляет собой совокупность диагнозов составляющих его агрегатов, субъектов агрегатов, получаемых на неразрывно примыкающих друг к другу интервалах времени, в течение которых состояние комплекса или агрегата существенно не изменяется.

Данное понятие коренным образом отличается от понятия мониторинга параметров, которое подразумевает наблюдение за какими-либо параметрами (вибрацией, температурой, деформацией, акустической эмиссией и т. д.). Результат мониторинга параметров

представляет собой совокупность измеренных значений параметров, получаемых на неразрывно примыкающих друг к другу интервалах времени, в течение которых значения параметров существенно не изменяются. Таким образом, принципиальным отличием мониторинга состояния от мониторинга параметров является наличие в первом интерпретатора измеренных параметров в термины технического состояния — экспертной системы поддержки принятия решения о состоянии объекта и дальнейшем управлении.

Весьма важным является определение понятия системы мониторинга состояния оборудования, под которым понимается система (машина), продуктом которой является текущая информация о техническом состоянии оборудования и его опасности с необходимыми комментариями (прогноз остаточного ресурса, предписания на неотложные действия персонала и т. д.) и заданным риском [13, 21].

Система комплексного мониторинга (СКМ) должна обеспечивать получение информации о состоянии оборудования (объекта мониторинга) в необходимом количестве и качестве для обеспечения наблюдаемости его технического состояния. По результатам наблюдения СКМ должны заблаговременно вырабатывать управляющие воздействия, которые обеспечивают необходимый запас устойчивости технологической системы, качество ее функционирования, создают необходимый запас ее техногенной, экологической и экономической безопасности.

В Стандартах [13, 21] впервые приведена классификация систем и определены требования к системам, осуществляющим мониторинг оборудования различных категорий опасности:

- системы 1 класса предназначены для мониторинга оборудования 1-й категории, которое занимает ключевые позиции в технологическом процессе и определяет безопасность производства. Внезапный отказ этого оборудования может привести к техногенной аварии (взрыву, пожару) и/или существенному



снижению технико-экономических показателей производства. Системы 1 класса обеспечивают эксплуатацию оборудования всех категорий по фактическому техническому состоянию;

► системы 2 класса предназначены для мониторинга оборудования 2-й категории, которое обеспечивает второстепенные позиции в технологическом процессе и влияет на безопасность производства. Внезапный отказ этой категории оборудования может привести к снижению безопасности и технико-экономических показателей производства. Системы 2 класса обеспечивают эксплуатацию оборудования 2-й и 3-й категорий по фактическому техническому состоянию;

► системы 3 класса предназначены для мониторинга оборудования 3-й категории, решающего вспомогательные задачи, и обеспечивают эксплуатацию оборудования 3-й категории по фактическому техническому состоянию;

► системы 4-го и более низких классов носят вспомогательный характер.

В [13, 21] также впервые определены требования к системам мониторинга с точки зрения риска пропуска внезапного отказа, под которым подразумевается совокупность рисков пропуска своевременно го распознавания опасного состояния оборудования, вызванного тем, что неисправное состояние оборудования система воспринимает (диагностирует) как исправное, пропуска своевременного распознавания опасного состояния оборудования, вызванный тем, что период мониторинга (диагностирования) превышает интервал развития неисправности от момента ее обнаружения до предельного состояния оборудования, и влияния человеческого фактора, обусловленного несвоевременным выполнением персоналом предписаний системы мониторинга по устранению обнаруженного системой опасного состояния оборудования. В зависимости от категории опасности оборудования и риска пропуска отказа выбирается класс системы мониторинга.

Таким образом, обладая нормативной [13, 21] и научно-методической базой [17, 16, 18, 15, 19], можно сформулировать цели, задачи мониторинга и пути их решения.

Целью оснащения оборудования системой комплексного мониторинга является обеспечение безопасной ресурсосберегающей эксплуатации оборудования путем заблаговременной выработки управляющих воздействий, которые должны обеспечить необходимый запас устойчивости технологической системы, качество ее функционирования, создать необходимый запас ее техногенной, экологической и экономической безопасности [12].

Системы комплексного мониторинга, предназначенные для обеспечения безопасной ресурсосберегающей эксплуатации оборудования промышленных предприятий путем получения в реальном времени оперативной информации о прошлом, текущем и прогнозируемом техническом состоянии оборудования, должны решать следующие задачи [13, 14, 21, 20]:

► контроль и оценка технического состояния оборудования при приемочных испытаниях и в процессе эксплуатации различными видами (методами) неразрушающего контроля и технической диагностики (виброакустический, акустико-эмиссионный, тепловизионный, напряженно-деформированного состояния и др.);

► выявление дефектных узлов оборудования и причин возникновения дефектов и неисправностей;

► обеспечение ведения технологического режима объектов мониторинга с учетом их технического состояния;

► выявление необходимости регулирования параметров технологического процесса для минимизации деструктивных нагрузок, действующих на объект мониторинга, с целью обеспечения максимального ресурса безопасной эксплуатации оборудования;

► информирование о необходимости изменения периодичности проведения регламентных работ (для оборудования, находящегося в эксплуатации);

► обеспечение эксплуатации оборудования промышленных предприятий по фактическому состоянию, подразумевающему, что объемы и содержание штатных периодических осмотров и обследований объектов, снабженных СКМ, могут быть изменены;

► информирование об условиях дальнейшей эксплуатации оборудования сверх нормативного срока эксплуатации.

Комплексный мониторинг технического состояния оборудования объектов мониторинга базируется на системе программно-технических средств и организационно-технических мер, обеспечивающих непрерывное получение в реальном времени информации о техническом состоянии оборудования в необходимом количестве и качестве для обеспечения наблюдаемости его технического состояния [12].

Периодичность получения информации о техническом состоянии оборудования промышленных предприятий определяется скоростью развития в нем неисправностей и для обеспечения наблюдаемости состояния должна быть в несколько раз меньше продолжительности развития неисправности в объекте мониторинга до предельного состояния.

Категория оборудования при выборе объектов мониторинга устанавливается на основе анализа матрицы риска согласно [8]. Количественная оценка риска требует анализа частот (вероятности) отказов оборудования и вызываемых этим последствий (потерь). Для оценки частоты отказов используют, как правило, статистические данные эксплуатации, приведенные в справочниках, нормативных документах, эксплуатационных журналах или отчетах по надежности оборудования конкретного предприятия или компании, на которых планируется установить СКМ. Анализ последствий (потерь) в результате отказа оборудования включает потери, связанные с полной или частичной утратой объекта — экономические, с существенным или незначительным нанесением вреда окружающей среде — экологические, с нанесением ущерба жизни

и/или здоровью людей — нарушением безопасности жизнедеятельности. В Стандартах [12, 24] приведены рекомендуемые уровни оценки потерь при организации мониторинга.

Для управления действиями в сфере мониторинга надежности оборудования, оснащенного СКМ, предприятие должно создать подразделение (службу) мониторинга надежности оборудования, которая должна быть неотъемлемой частью его общей системы менеджмента [11].

Цель службы мониторинга состоит в обеспечении процесса неуклонного повышения надежности оборудования и снижения затрат на его эксплуатацию и ремонт путем необходимых организационно-технических мероприятий и мониторинга состояния в реальном времени.

Одним из наиболее распространённых методов технической диагностики оборудования промышленных предприятий является виброакустический метод [16, 18, 19]. Существующая отраслевая и мировая нормативная база не отвечает современному уровню развития виброакустического метода диагностики. Разработанные и введенные в действие стандарты по нормированию уровней вибрации [14, 20] отвечают самым последним достижениям научной мысли в этой области. Отличительной особенностью данных документов является совместное нормирование таких параметров, как виброускорение, выброскорость и виброперемещение, а также скорости их изменения на заданном временном интервале.

Стандарты [14, 20] распространяются на центробежные насосные и компрессорные агрегаты с приводом от электродвигателей и/или паровых турбин с редукторами и другие виды оборудования и устанавливают нормы вибрации для оценки технического состояния при эксплуатации и приемочных испытаниях после монтажа и ремонта. В документах отражены общие требования к системам мониторинга машинных агрегатов, условия установки датчиков, нормируемые параметры, критерии оценки состояния агрегата, эксплуатационные нормы



мы вибрации центробежных и винтовых насосов, электрических машин, а также вентиляторов, центробежных и винтовых компрессоров, мультипликаторов и пароприводов, представлен перечень машин и агрегатов, вибропараметры которых использованы при разработке настоящих стандартов.

В стандарте [20] представлен перечень автоматически определяемых неисправностей машинных агрегатов, таких как нарушение центровки, нарушение балансировки, в т. ч. износ рабочего колеса, полумуфты, ослабление крепления агрегата к фундаменту и присоединенным конструкциям, неисправности электродвигателей и т. д.

Согласно [14, 20, 24] применяются четыре оценки технического состояния:

- ▶ оценка «ХОРОШО» (Х). Допустимо при приемочных испытаниях после монтажа или капитального (среднего) ремонта. Соответствует исправному состоянию агрегата и характеризует высокое качество ремонтных, монтажных работ и обкатки под нагрузкой;

- ▶ оценка «ДОПУСТИМО» (Д). Допустимо при длительной эксплуатации. Характеризует полностью работоспособное состояние агрегата при малой вероятности отказа. При достижении уровня «Д» контролируют скорость изменения измеряемых параметров;

- ▶ оценка «ТРЕБУЕТ ПРИНЯТИЯ МЕР» (ТПМ) – ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. Допустимо при непродолжительной эксплуатации. Техническое состояние агрегата соответствует «ТПМ», если величина измеряемого параметра превышает уровень «ТПМ» или скорость роста параметра превышает уровень «ТПМ» при абсолютном значении параметра, превышающем уровень «Д». Предупреждает о приближении технического состояния к предельному, наличии развивающихся дефектов, устойчивой постепенной утрате работоспособности и росте вероятности отказа. Служит основанием для проведения более частого текущего обслуживания и/или планомерного вывода агрегата в ремонт;

- ▶ оценка «НЕДОПУСТИМО» (НДП) – ОСТАНОВ. Недопустимо при эксплуатации. Техническое состояние агрегата соответствует «НДП», если величина измеряемого параметра превышает уровень «НДП» или скорость роста параметра превышает уровень «НДП» при абсолютном значении параметра, превышающем уровень «Д». Характеризует наличие развитых дефектов либо высокую скорость их развития и достижение агрегатом предельного либо опасного состояния с высокой вероятностью отказа. Служит для немедленного останова агрегата и вывода его в ремонт. Продолжительность работы агрегата в состоянии НДП должна быть минимальна и определяется регламентом по выводу его из этого состояния.

Для оценки качества монтажа оборудования новых производств целесообразно устанавливать уровень технического состояния «ОТЛИЧНО», которому соответствуют границы измеряемых параметров (диагностических признаков) на 30% ниже уровней, установленных для оценки «ХОРОШО».

Каждая оценка технического состояния машинного оборудования определяет соответствующую совокупность действий персонала по управлению этим состоянием, т. е. каждой оценке должен соответствовать определенный набор операций для поддержания оборудования в состоянии, как минимум, ТПМ.

Основные требования к процедурам применения СКМ, их внедрения, приемки и ввода в эксплуатацию установлены в [23]. Стандарт распространяется на СКМ, предназначенные для обеспечения возможности эксплуатации и/или ремонта оборудования промышленных предприятий по фактическому техническому состоянию.

С целью исключения неоднозначных толкований и ошибочных решений необходимо использовать единую терминологию в области мониторинга промышленных объектов. Именно с этой целью подготовлен и выпущен Стандарт СТО 03-003-08 [22], в котором в соответствии с областью применения описываются сокращения, тер-

мины и определения, касающиеся мониторинга технического состояния опасных производственных объектов, с учетом нормативных и справочных документов. Стандарт рекомендован для применения специалистами, экспертными, проектными организациями и промышленными предприятиями при разработке стандартов, методической и другой технической документации по выбору и обоснованию технологии безопасной, ресурсосберегающей эксплуатации оборудования по фактическому техническому состоянию, а также при написании статей, книг и других материалов [22].

Анализ архитектуры и принципов функционирования известных и представленных на рынке систем, которые называют системами мониторинга, показывает следующее:

- ▶ в известных системах диагностические сигналы получают с помощью стационарно установленных систем, которые часто называют системами on-line мониторинга. Оценка состояния оборудования в системах on-line мониторинга в момент получения сигнала производится по величине измеряемого параметра без определения причин его изменения;

- ▶ как правило, системы on-line мониторинга не учитывают продолжительность развития неисправностей, период измерения устанавливается пользователем или разработчиком системы исходя из собственного опыта. Постановка диагноза осуществляется специалистами в соответствующей области диагностики по мере необходимости, что не позволяет своевременно оценить возникновение неисправности или дефекта, их причин и опасности;

- ▶ отсутствие автоматических экспертных систем постановки диагноза и значительный период постановки диагноза, превышающий время развития неисправностей [13, 21], свидетельствуют о том, что рассмотренные системы on-line мониторинга являются системами мониторинга параметров, а не диагностики и мониторинга технического состояния (см. определение понятия «мониторинг» в [22]).

В тоже время в системах real-time мониторинга [15, 16, 18]:

- ▶ методология real-time мониторинга и диагностирования основана на измерении параметров косвенных процессов (в частности, виброакустических колебаний, акусто-эмиссионных сигналов), предусмотрено также измерение прямых структурных и термодинамических параметров;

- ▶ реализованы алгоритмы экспертной системы поддержки принятия решений реального времени с автоматическим определением (постановкой диагноза в темпе измерения диагностических сигналов) неисправностей узлов оборудования, степени их опасности и выдачи целеуказывающих предписаний персоналу по проведению компенсирующих мероприятий;

- ▶ научно обоснованный период постановки диагноза позволяет получить значение статической и динамической ошибок распознавания состояния оборудования менее 5 %, что дает возможность осуществлять мониторинг состояния ответственного оборудования всех категорий и производственного объекта в целом.

АСУ БЭР™ КОМПАКС® — автоматизированные системы управления безопасной эксплуатацией и ремонтом оборудования (рис. 1) реализуют безопасную ресурсосберегающую SM™-технологию (Safe Maintenance) управления состоянием оборудования и представляют собой MES (Manufacturing Execution Systems) — систему, которая обеспечивает наблюдаемость состояния выпускаемого, ремонтируемого и эксплуатируемого оборудования, управляемость его качеством на всех стадиях жизненного цикла, устойчивость, безопасность и эффективность производства.

Технология АСУ БЭР™ опирается на три составляющие:

- ▶ системы real-time мониторинга состояния оборудования КОМПАКС® (Рис. 2);

- ▶ системы диагностики качества выпускаемого и ремонтируемого оборудования;

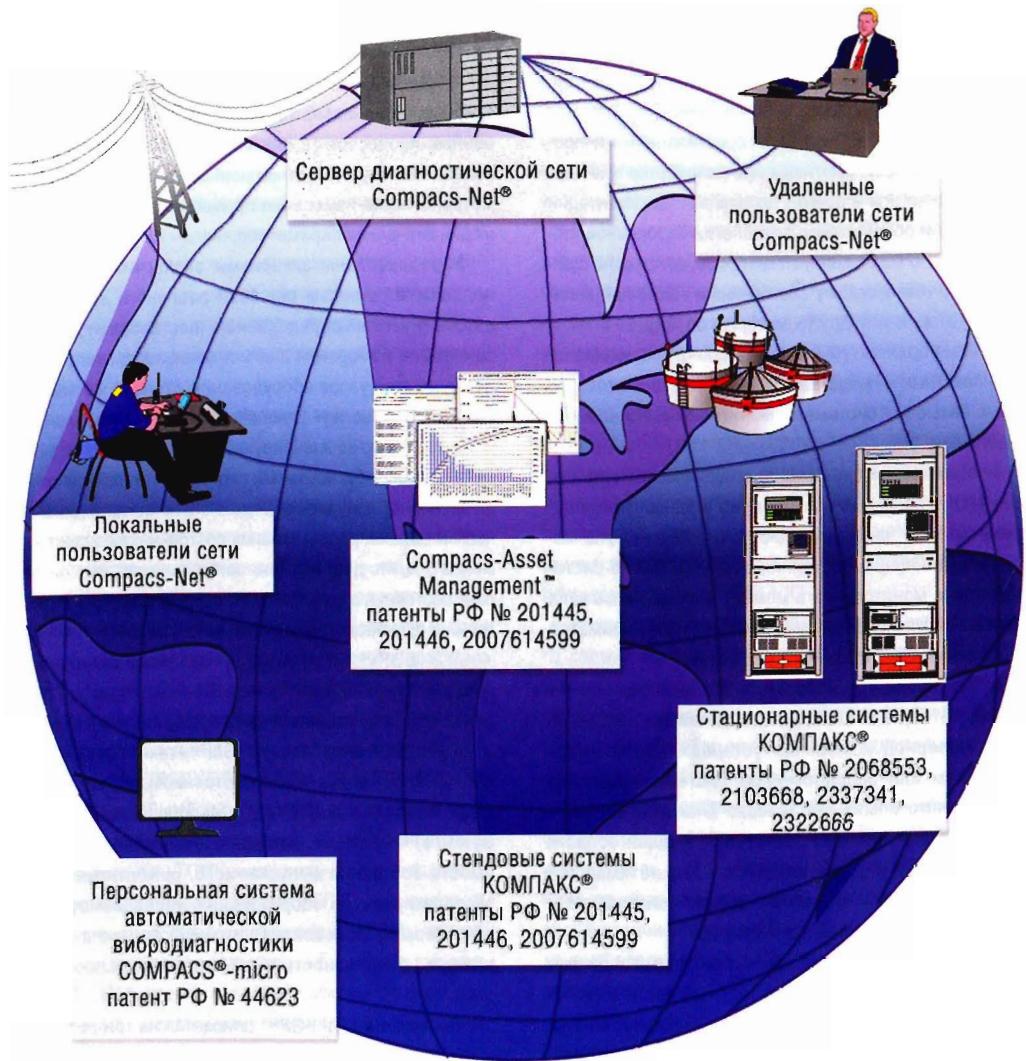


Рис. 1.

АСУ БЭР™ КОМПАКС® — автоматизированные системы управления безопасной эксплуатацией и ремонтом оборудования®

► диагностическую сеть предприятия, отрасли COMPACS-Net® (рис. 3).

Ядром АСУ БЭР КОМПАКС® являются стационарные системы real-time мониторинга состояния оборудования КОМПАКС®, обладающие встроенной автоматической экспертной системой, инвариантной к конструкции агрегата, которая обеспечивает стратегию диагностики минимальной стоимости СДМС™, то есть дает возможность непрерывно, в автоматическом режиме получать и использовать объективную информацию о состоянии объектов мониторинга для технического обслуживания и ремонта оборудования (ТОРО), выявлять и ликвидировать фундаментальные причины отказов оборудования (технология ЛИФПО™), повысить производственную дисциплину путем объективного контроля и своевременной коррекции действий персонала.

Основой систем real-time мониторинга КОМПАКС® является многолетний практический опыт по разработке, внедрению и эксплуатации более 400 систем мониторинга в 10 отраслях промышленности, а также достижения Научно-производственного центра «Динамика» в различных научно-исследовательских направлениях, результаты которых отражены не только в выше упомянутых стандартах, но и в ряде диссертаций, монографий, статей и докладов на международных и иных конференциях, симпозиумах и совещаниях, посвященных системам диагностики и мониторинга оборудования промышленных предприятий [17, 16, 18, 15, 19].

Система КОМПАКС® включает (рис. 2):

- распределенную систему датчиков, контролирующих основные параметры оборудования;
- распределенную систему выносных модулей, обеспечивающих первичное преобразование сигналов с датчиков и их трансляцию в диагностический контроллер, а также обеспечивающих контроль за целостностью самих датчиков и линий связи;
- диагностическую станцию, обеспечивающую сбор, хранение, обработку данных, отображение результатов мониторинга.

Полевая сеть содержит измерительные модули с функцией аналого-цифровой обработки измеренных сигналов и датчики различных физических величин. Расстояние от модулей до диагностической станции может достигать 1000 м, а от датчиков до модулей — 500 м. Аппаратура полевой сети может располагаться во взрывоопасной зоне. Выносные модули системы КОМПАКС® устанавливаются в непосредственной близости от объекта измерения, на котором размещаются датчики. Размещение модулей осуществляется в защитных коробах или металлических шкафах. Выносные модули системы связываются с диагностической станцией всего по двум линиям связи для сокращения длины кабельных трасс. Модули и датчики имеют особовзрывозащищенное исполнение по классу ОExiaIICT5 и могут использоваться в зонах всех классов.

Диагностическая станция® системы выполнена в промышленном исполнении. В качестве диагностического контроллера используется промышленный безвентиляторный отказоустойчивый компьютер собственной разработки, который выполняет функции управления системой, измерения, архивирования, анализа, визуализации измеренных параметров и сообщений экспертной системы.

Диагностическая станция® с комплектом аппаратуры обеспечивает измерение параметров любых физических величин, передачу измеренной и обработанной информации в диагностическую сеть Compacs-Net® через modem или сетевое оборудование, вывод речевой информации по результатам работы экспертной системы поддержки принятия решений и дальнейшем управлении, сохранение информации по результатам работы системы, сохранение и отображение трендов диагностических признаков, взрывобезопасность полевой сети и другие функции [16]. В диагностическую станцию может передаваться информация из переносной диагностической системы COMPACS®-micro и контрольно-сигнальной аппаратуры КОМПАКС®-КСА.

Диагностическая станция стационарной системы позволяет принимать аналоговые и цифровые дан-

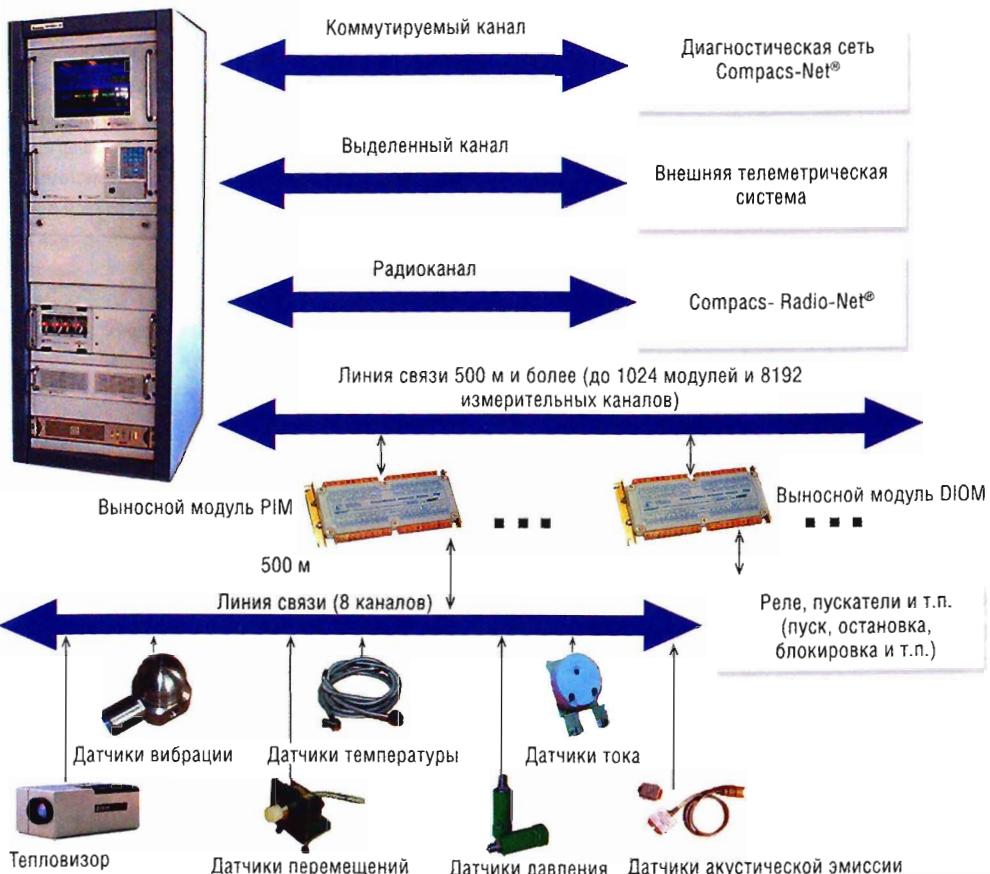
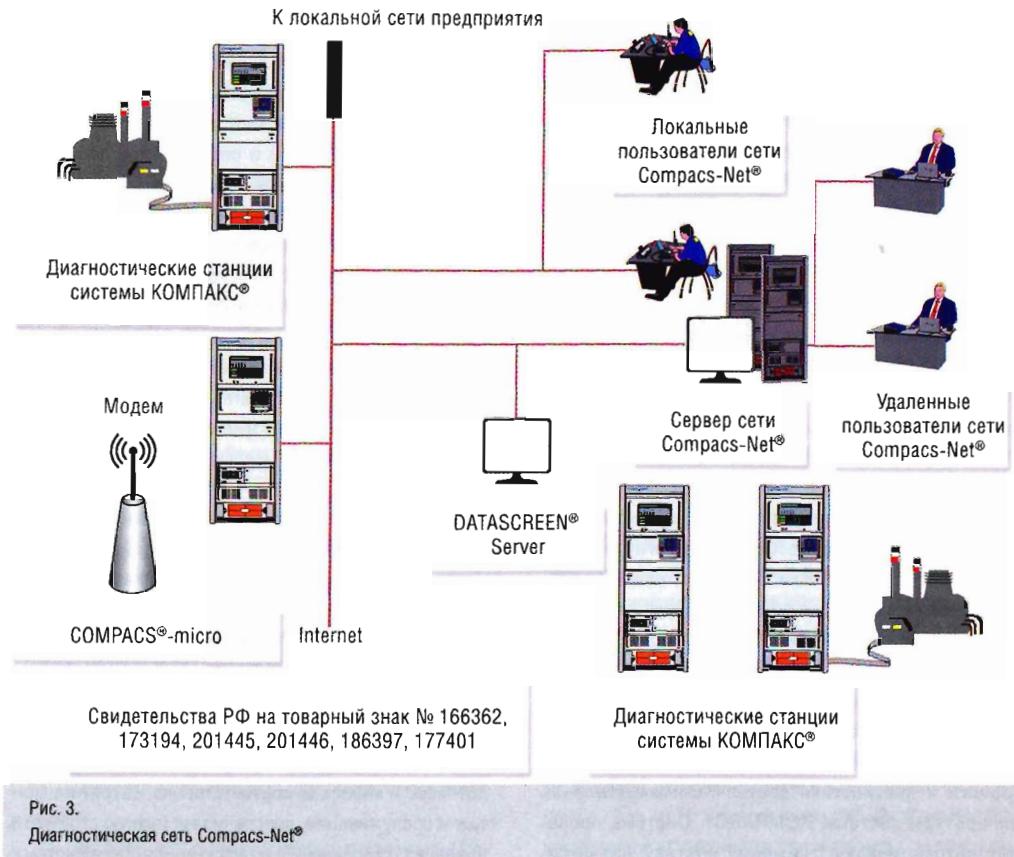


Рис. 2.
Система мониторинга КОМПАКС®

ные и выдавать цифровые управляющие сигналы по 8192 дифференциальным каналам. Скорость опроса в зависимости от соотношения числа каналов, измеряющих статические и динамические величины, достигает 100 каналов в секунду. При этом каждые 90 секунд значения диагностических признаков со-

храняются в базе данных и могут быть отображены в виде 12-часовых, 4-суточных, 40-суточных, годовых и 9-летних трендов.

Для мониторинга состояния оборудования в зависимости от решаемых диагностических задач используются следующие параметры: виброускорение;



виброскорость; вибропреломление; температура; давление; радиальный зазор; ток потребления; частота вращения вала; уровень жидкости (конденсата); сигнал акустико-эмиссионного датчика; параметры переменного, постоянного тока (например, сигнал 4-20 mA) и напряжения с датчиков различных физических величин.

Программное обеспечение системы КОМПАКС® состоит из ряда модулей «МОНИТОР», «ТРЕНД», «АНА-

ЛИЗ», «ЖУРНАЛ», «СИСТЕМА», «ОСЦИЛОГРАФ» и уникального модуля «ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА»:

► модуль «МОНИТОР» предназначен для отображения информации о состоянии оборудования всего комплекса в виде светофорных пиктограмм и текстовых сообщений экспертной системы. Система автоматически определяет наиболее опасный объект и указывает на него курсором, выдает речевое предупреждение персоналу через громкоговоритель и визу-

альное предупреждение путем отображения в правой верхней части экрана экспертных сообщений, а в левой — значения всех измеренных параметров по данному субъекту с указанием порогов;

► модуль «ТРЕНД» позволяет просматривать тренды любых измеренных параметров в 6 временных базах: реального времени, 12 часов, 4 суток, 40 суток, 1 год и 9 лет;

► модуль «АНАЛИЗ» позволяет анализировать тренды, временные реализации сигналов, спектры, кепстры и т. д., что дает возможность специалистам в оп-line режиме выявлять фундаментальные причины отказов, такие как ошибки эксплуатации, проектирования, монтажа, а также, при необходимости, уточнить диагноз, поставленный системой;

► модуль «ЖУРНАЛ» позволяет автоматизировать документирование и планирование ремонтных работ, автоматически ведет подсчет наработки агрегатов, ведет расчет ресурсов узлов агрегатов между ремонтами, автоматически формирует планы ремонтов и технического обслуживания оборудования, ведет перечень оборудования, находящегося в ремонте, с указанием причин и дефектов, позволяет вести базы данных по проведенным работам с оборудованием и осуществленным заменам запасных частей;

► модуль «СИСТЕМА» предназначен для мониторинга и диагностики состояния измерительной аппаратуры системы КОМПАКС®. Система проводит автоматическую самодиагностику датчиков, модулей, измерительных линий и диагностической станции;

► модуль «ОСЦИЛОГРАФ» предназначен для автоматизации процедур метрологической поверки системы.

Экспертная система КОМПАКС® инвариантна к конструкции объектов мониторинга и относится к классу экспертных систем поддержки принятия решений, то есть задачей экспертной системы является помочь обслуживающему персоналу в принятии необходимых

обоснованных решений по управлению режимом работы и состоянием оборудования.

Система КОМПАКС®, получая сигналы с датчиков, формирует вектор ортогональных диагностических признаков, инвариантный к типу диагностируемого оборудования, включающий в себя около десяти видов неразрушающего контроля, основными из которых являются вибрационный, акусто-эмиссионный, тепловой, электрический и другие.

Вектор диагностических признаков поступает в блок обработки логических предикатов экспертной системы, по результатам работы которого формируются выводы экспертной системы. В результате автоматическая экспертная система выдает диагностические предписания на основной экран в виде текстовых сообщений, а также формирует команды модулю вывода речевых предупреждений.

Таким образом, система обеспечивает непрерывный мониторинг объектов совокупностью различных методов НК на единой программно-аппаратной платформе, что позволяет диагностировать состояние объектов мониторинга различных конструкций и назначений.

Поскольку система real-time мониторинга КОМПАКС® имеет распределенную параллельно-последовательную структуру, то требует во много раз меньше датчиков и кабеля и, соответственно, затрат на монтаж и обслуживание, обеспечивает низкую стоимость владения по сравнению со многими другими системами и, кроме того, дает возможность осуществить перевод оборудования на эксплуатацию по фактическому техническому состоянию и, соответственно, имеет высокую экономическую эффективность внедрения [18].

Перспективы развития систем мониторинга заключаются в реализации в полном объеме требований нормативных документов в области контроля состояния и диагностики объектов мониторинга [12, 13, 14, 23], а также в использовании современных методов и средств изме-

рения параметров объектов, определяющих их техническое состояние, например, применение оптоволоконных первичных преобразователей, датчиков, построенных с

использованием нанотехнологий, достижений в различных методах неразрушающего контроля и технической диагностики и, в частности, акустической эмиссии.

ЛИТЕРАТУРА

1. ISO 13374-1 Condition monitoring and diagnostics of machines - Data processing, communication, and presentation: Part 1: General guidelines.
2. ISO 13374-2 Condition monitoring and diagnostics of machines - Data processing, communication, and presentation: Part 2: Data processing.
3. ISO 13374-3 Condition monitoring and diagnostics of machines - Data processing, communication, and presentation: Part 3: Communication.
4. ISO 13374-4 Condition monitoring and diagnostics of machines - Data processing, communication, and presentation: Part 4: Presentation.
5. ISO 13379 Condition monitoring and diagnostics of machines - General guidelines on data interpretation and diagnostics techniques.
6. ISO 13380 Condition monitoring and diagnostics of machines - General guidelines on using performance parameters.
7. ISO 13381-1 Condition monitoring and diagnostics of machines - Prognostics - Part 1: General guidelines.
8. ISO 13373-1 Condition monitoring and diagnostics of machines - Vibration condition monitoring - Part 1: General procedures.
9. ISO 13373-2 Condition monitoring and diagnostics of machines - Vibration condition monitoring - Part 2: Processing, analysis and presentation of vibration data.
10. ГОСТ Р 51901.1-2002 Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем.
11. ГОСТ Р 51901.2-2005. Менеджмент риска. Системы менеджмента надежности.
12. ГОСТ Р 53563-2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Порядок организации. М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2010. 8 с.
13. ГОСТ Р 53564-2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Требования к системам мониторинга. М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2010. 20 с.
14. ГОСТ Р 53565-2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Вибрация центробежных насосных и компрессорных агрегатов. М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2010. 8 с.
15. Костюков В. Н., Бойченко С. Н., Костюков А. В. Автоматизированные системы управления безопасной ресурсосберегающей эксплуатацией оборудования
- вания нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств (АСУ БЭР) [под ред. В. Н. Костюкова]. М.: Машиностроение, 1999. – 163 с.
16. Костюков В. Н. Мониторинг безопасности производства. М.: Машиностроение, 2002. – 224 с.
17. Костюков В. Н., Науменко А. П. Практические основы виброакустической диагностики машинного оборудования: учеб. пособие [под ред. В. Н. Костюкова]. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2002. – 108 с.
18. Костюков А.В., Костюков В.Н. Повышение операционной эффективности предприятий на основе мониторинга в реальном времени. М.: Машиностроение, 2009. 192 с.
19. Костюков В.Н., Науменко А.П. Основы виброакустической диагностики и мониторинга машин: учебное пособие. Изд-во Омск: ОмГТУ, 2011. 360 с.
20. СА 03-001-05. Центробежные насосные и компрессорные агрегаты опасных производств. Эксплуатационные нормы вибрации: стандарт ассоциации «Ростехэкспертиза», ассоциации нефтехимиков и нефтепереработчиков и НПС РИСКОМ / Колл. авт. М.: Химическая техника, 2005. 24 с. (Согласован Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору РФ письмом № 11-16/219 от 1 февраля 2005 года).
21. СА 03-002-05. Системы мониторинга агрегатов опасных производственных объектов. Общие технические требования: стандарт ассоциации «Ростехэкспертиза», ассоциации нефтехимиков и нефтепереработчиков и НПС РИСКОМ / Колл. авт. М.: Химическая техника, 2005. 42 с. (Согласован Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору РФ письмом № 11-16/219 от 1 февраля 2005 года).
22. СТО 03-003-08 Мониторинг опасных производств. Термины и определения: сб. стандартов НПС РИСКОМ // Мониторинг оборудования опасных производств. Стандарт организации / Колл. авт. М., 2008. С. 5-24.
23. СТО 03-004-08 Мониторинг оборудования опасных производств. Процедуры применения: сб. стандартов НПС РИСКОМ // Мониторинг оборудования опасных производств. Стандарт организации / Колл. авт. М., 2008. С. 65-77.
24. СТО-03-002-08 Мониторинг оборудования опасных производств. Порядок организации: сб. стандартов НПС РИСКОМ // Мониторинг оборудования опасных производств. Стандарт организации / Колл. авт. М., 2008. С. 25-63.



МОНИТОРИНГ

НАУКА И БЕЗОПАСНОСТЬ

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ



«Опыт проектирования и эксплуатации
объектовых систем мониторинга.

Нормативно-методическое обеспечение:
состояние и перспективы развития»

ФГБУ ВНИИ ГОС 26 октября 2011 г.

Редакционный совет:

Михаил Юрьевич Прошляков,
главный редактор

proshlyakov@np-monitoring.ru

Константин Иванович Еремин,
научный редактор,

доктор технических наук, профессор

eremin@np-monitoring.ru

Александр Иванович Новиков,
кандидат технических наук,

профессор

novikov@np-monitoring.ru

Ответственный редактор

Мария Викторовна Аншукова

monitoring@np-monitoring.ru

Ответственный за рекламу

Людмила Владимировна Зайда

design@np-monitoring.ru

Распространение

Тел. (495) 726-09-81

Учредители:

000 НПО «ДИАР»

000 «Информ-Альянс»

000 «ВЕЛД»

Издатель:

000 НПО «ДИАР»

Адрес для корреспонденции:

105613, г. Москва, Измайловское ш.,
д. 71-25, оф. 301

Тел. (495) 726-09-81

monitoring@np-monitoring.ru

Материалы, представленные
в редакцию, авторам не возвращаются.
Авторы опубликованных материалов
несут ответственность за подбор
и точность приведенных фактов,
экономико-статистических и других
данных, а также за использование
сведений, не подлежащих открытой
публикации.

Редакция может публиковать статьи
в порядке обсуждения, не разделяя
точку зрения автора.

При перепечатке материалов ссылка
на журнал «МОНИТОРИНГ. Наука и
безопасность» обязательна!

За содержание рекламы ответственность
несет рекламодатель.

Свидетельства о регистрации СМИ
ЛИ № ФС77-43904 от 17.02.2011 г.
ISSN 2221-6065

Подписан в печать 30.01.2012

Тираж 1000 экз.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Земцов Сергей Петрович

Кандидат технических наук

Президент Холдинговой компании «Группа Промтех»

Лисица Валерий Николаевич

Кандидат технических наук

Генеральный директор ЗАО «НПЦ ИРЭБ»

Любимов Константин Михайлович

Кандидат технических наук

Руководитель департамента внешних связей ВАНКБ

Махутов Николай Андреевич

член-корреспондент РАН,

заведующий отделом Института машиноведения

им. А. А. Благонравова РАН

Мельников Владимир Иванович

Директор НП «Экспертпромбезопасность»

Попов Сергей Алексеевич

Кандидат технических наук

Сосунов Игорь Владимирович

Кандидат технических наук, доцент

Заместитель начальника ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)

по развитию

Сущев Сергей Петрович

Доктор технических наук, профессор

Генеральный директор ООО «ЦИЭКС»

Таранов Александр Авенирович

Заместитель директора

Департамента гражданской защиты МЧС России

Теличенко Валерий Иванович

Академик РААСН, профессор, д. т. н.

Ректор МГСУ

Официальное издание Некоммерческого партнерства

*«Ассоциация разработчиков систем мониторинга инженерно-технического обеспечения,
технологических процессов и строительных конструкций зданий и сооружений»*
(НП «Ассоциация «Мониторинг безопасности»)

При поддержке:



Союза организаций,
 осуществляющих экспертную деятельность в области
защиты населения и территорий
от чрезвычайных ситуаций, промышленной,
пожарной и экологической безопасности



Информационного портала «Наука и безопасность»



Саморегулируемой организации Некоммерческое партнерство «Межрегиональное объединение проектных
организаций специального строительства» (СРО НП «МОПОСС»)



Некоммерческого партнерства «Межрегиональное объединение предприятий по энергетическому
обследованию» (НП «МОПЭО»)



Некоммерческого партнерства «Межрегиональное объединение организаций «Пожарная безопасность 21
век» (НП «МОПБ 21 век»)

68

Ларцов С. В., Борусяк С. А., Куляба Т.Л.

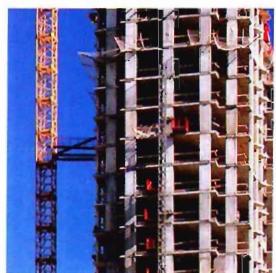
Применение автоматизированных систем контроля и управления технологическими объектами магистральных газопроводов



74

Жодзишский А. И., Работько С. Н.,
Докучаев В. А., Мельников А. А.

Опыт разработки и внедрения систем мониторинга критически важных и (или) потенциально опасных объектов



80

Болодурин Б.А., Михайлов А.А.

К вопросу внедрения систем мониторинга на химически опасных объектах (АСКАВ) и их сопряжения с СМИС



84

Волосухин В.А., Волосухин Я.В.

О проблемных вопросах в области безопасности гидротехнических сооружений



98

Тушонков В.Н.

Организация системы объектового экологического мониторинга на действующих опасных производственных объектах

108

Костюков В.Н., Науменко А.П.

Опыт проектирования и эксплуатации систем мониторинга

120

Арутюнян Р. В., Воронов С. И., Гаврилов С. Л.,
Богатов С. А., Егорова М. Е., Красноперов С. Н.,
Киселев В. П., Одинов Б. В., Коноплев А. В., Цыкин С. А.
Создание объектовых автоматизированных систем радиационного мониторинга на объектах АЭС

АПЦ АЭС АМНКАТ